

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(інститут)

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ

(факультет)

Кафедра СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Скринника Ярослава Дмитровича

(ПІБ)

академічної групи 141-17СК-1

(шифр)

напряму 141- Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою _____

(офіційна назва)

на тему Реконструкція РУ 6 кВ та ПС НС2 6/0,4 кВ в умовах ПАТ «Інтерпайп
НТЗ»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<u>Прокуда В.Н</u>			
розділів:	<u>Прокуда В.Н</u>			
Вступ:	<u>Прокуда В.Н</u>			
Технічний	<u>Прокуда В.Н</u>			
Спеціальний	<u>Прокуда В.Н</u>			
Економічний	<u>Дементьєва Н.В</u>			
Охорона праці	<u>Столбченко О.В</u>			
Рецензент				
Нормоконтролер				

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
систем електропостачання

(повна назва)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню Бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Скриннику Я.Д. академічної групи 141-17СК-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

напряму 141- Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою _____

(офіційна назва)

на тему Реконструкція РУ 6 кВ та ПС НС2 6/0,4 кВ в умовах ПАТ «Інтерпайп НТЗ»
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ		
Технічний розділ		
Спеціальний розділ		
Економічний		
Охорона праці		

Завдання видано

(підпис керівника)

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

(підпис студента)

(прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.	4
1. Загальна частина	6
1.1 Коротка історія розвитку заводу	6
1.2 Характеристика підстанції і її призначення	9
1.3 Характеристика споживачів електричної енергії	10
2. Спеціальна частина	12
2.1 Визначення максимальних значень потужності підстанції	12
2.2 Вибір силових трансформаторів	13
2.3 Розрахунок струму короткого замикання	16
2.4 Вибір апаратів та струмоведучих частин	20
2.5 Джерела оперативного струму	26
2.6 Вибір і розрахунок РЗ та автоматики	27
2.7 Вибір конструкції ПС	29
3. Економіка виробництва. Вступ	30
3.1 Розрахунок капітальних інвестицій	31
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	32
3.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань	33
3.4. Розрахунок річного фонду заробітної плати	36
3.5 Розрахунок єдиного соціального внеску.	42
3.6 Визначення річних витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт.	43
3.7 Розрахунок вартості спожитої електроенергії	45
3.8 Визначення інших витрат.	45
Висновки	46
4. Заходи з техніки безпеки та протипожежні заходи	47
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників на підстанції	47
4.2 Засоби захисту	48
4.3 Пожежна безпека та профілактика	53
4.4 Інженерно-технічні заходи з охорони праці на підстанції	55

4.5 Заходи по охороні праці на підстанції	58
4.6 Охорона навколишнього середовища	60
4.7 Розрахунок захисного заземлення	62
Висновок	65
Література	67
Додатки	69

ВСТУП

Електроенергія служить людині вже багато десятиліть, і з плином часу потреба в ній безперервно зростає, що пояснюється її перевагами перед іншими видами енергії: легко перетворюється в механічну, теплову і світлову енергію; порівняно просто передається на значні відстані; швидкість поширення електроенергії наближається до швидкості світла, виробництво і споживання електроенергії збігаються за часом. В останні роки значно зросло споживання енергії, а отже, і енергоспоживання. Тенденція обумовлена різними об'єктивними факторами життя, такими як швидкий розвиток промисловості, розширення житлової та комунальної інфраструктури. Населення все частіше купує найновішу побутову техніку.

Щоб задовольнити зростаючий попит на електроенергію, підстанції потрібно перебудувати або створити нові фундаменти. Зрозуміло, що будувати нові підстанції важко і дорого. Крім того, дуже важко придбати землю для будівництва, оскільки міста щільно забудовані, а наявна земля для будівництва містить безпрецедентні ціни. Реконструкція застарілих підстанцій є економічно вигідним варіантом в різних умовах їх експлуатування.

Моя мета виконати реконструкцію ПС «Нс2» 6 / 0,4 кВ в умовах ПАТ «Інтерпайп НТЗ». Обсяг моєї роботи пов'язаний з необхідністю переходу на сучасне обладнання. Роботи по реконструкції дозволять підвищити надійність електропостачання, а причина цьому це моральне та фізичне старіння, катастрофічний знос обладнання підстанцій. Ці фактори не можна ігнорувати, так як експлуатація несправного, старого і застарілого обладнання підвищує з кожним днем імовірність виникнення непередбачених, а часом і аварійних ситуацій на підстанції, і як наслідок — порушення постачалося електроенергію і споживачів.

Крім того застаріле обладнання вимагає серйозних витрат на підтримку в нормальному, робочому стані, і при експлуатації застарілого обладнання знижу-

ється коефіцієнт корисної дії. Так що реконструкція підстанція «НС2» є необхідністю для енергопостачання підприємства.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка історія розвитку заводу

Трубопрокатний завод імені Карла Лібкнехта – найстаріше металургійне підприємство. Засноване німецьким промисловцем Бернардом Гантке.

У 1891 році акціонерне товариство Б.Гантке скупило частину Брянського заводу у станції Горяного і заснувало цвяховий завод. У 1909 році Б.Гантке перебазував його на лівобережжя Дніпра, де купив за безцінок територію розорених кризою франко-російських майстерень. Підприємство отримало назву „Єкатеринославський завод суспільства російської залізничної промисловості”.

Основною його продукцією стали цвяхи, дріт, болти, пилиці, ковані вагонні частини, які застосовуються на залізничному транспорті.

На той час існували такі цехи: дрітний з травильним і оцинкованими відділеннями, пресовий, цвяховий, пиличний ковально-сталеплавильний та інші.

У 1911 році почалося будівництво трубопрокатного цеха і перша черга його вступила в стрій у 1913 році. Однак будівництво цеху так і не було закінчено; в зв'язку з загостренням відношень між Росією та Германією.

В червні 1921 року завод вийшов в склад треста „Південно сталь”, об'єднань металургійні і металообробні заводи Півдня країни.

У 1922 році заводу було присвоєно ім'я німецького революціонера Карла Лібкнехта.

З осені 1929 року почалось будівництво мартенівського цеху, одночасно з будівництвом цеху готувались кадри сталеварів. В цьому велику допомогу заводу надали металурги Петровки.

Наприкінці березня 1931 року було завершено будівництво першої 60-тоної мартенівської печі. Завод зміг вже повністю забезпечити своєю сталлю трубопрокатний цех.

До кінця 1932 року завод виріс більш ніж у п'ять разів і порівняно невеликого перевтілювався в велике металургійне підприємство.

Велике значення для всієї країни мало будівництво колесопрокатного цеху. Народження його було викликано насущними потребами народного господарства країни.

В 1972 р був реконструйований колесопрокатний цех з вводом нової лінії прокату і збільшенням об'єму виробництва.

В 1988 р був здійснений пуск нового кільця прокатного відділення колесопрокатного цеху, нині самостійний кільце-бандажний цех.

По висновкам 1975 року виплавка сталі на думку населення тут склала 1138 кілограмів. Це був світовий рекорд, наприклад, він в два з лишнім рази перевищував досягнення США.

1977 рік для підприємства став більш стабільним в економічному відношенні. На той час завод займав перше місце в країні по випуску шарикопідшипникових, безшовних, нафтопровідних і обсадних труб; перше місце в Україні і друге в СРСР по виробництву тонкостінних електрозварювальних труб діаметром до 114 міліметрів... Крім цього, продукція заводу в загальному об'ємі виробництва республіки по колесам складала сто відсотків, по трубам – 19 відсотків. Кожна друга машина, трактор, комбайн в Україні працювали на підшипниках, виготовлених із труб заводу ім. Карла Лібкнехта.

В жовтні 1994 року сталася історична для заводу подія „НТЗ” став єдиним в СНД підприємством, яке отримало сертифікат Американського нафтового інституту на право випуску труб нафтового сортаменту.

У 2004 році ВАТ „НТЗ” було встановлено ряд рекордних виробничих показників. По-перше, об'єм виробництва мартенівської сталі вперше в історії цеху склав 707240 тон, що на 5,5% вище аналогічного показника 2003 року. По-друге, об'єм виробництва колес вперше в історії, заводу перевищив відмітку 226 тис тон, в тому числі механічно оброблених колес – вище 220 тис тон (вище 97% загального об'єму).

Також в структурі трубного виробництва виникли принципово нові тенденції до виходу заводу на ринки країн зарубіжжя. Роста доля труб, які виробляються по більш жорстким стандартам а також труб, які одночасно задовольняють вимогам декількох стандартів (т. н. подвійних і потрійних стандартів). У 2004 році на експорт відвантажено вище 143 тис тон труб. ТПЦ – 1 до кінця 2004 року вийшов на рівень об'ємів виробництва труб на експорт вище 10 тис тон в місяць.

В результаті розроблено і впроваджено нове калібрування лисогервалків, яке дозволила скоротити на 10-20% машинний час пилігерування труб діаметром 168-245 мм, що відповідно підвищило часове виробництво трубопрокатного агрегату. Також розроблено технічне завдання на модернізацію подаючих агрегатів, здійснення якої дозволить підвищити якість труб.

Визначено співвідношення деформацій редуціювання і обтиску по стінці, при яких точність внутрішнього діаметра труб підвищується, а їх поперечна різностінність – знижується в порівнянні з маючими місце в наш час показниками. До кінця року планується здійснити дослідно-промислову апробацію нових маршрутів волочіння.

По результатам раніше виконаних і поточних досліджень робітниками відділу за 8 місяців 2005 року отримано 4 патентна України на винайдення, опубліковано 2 наукові статті, зроблено 3 доповіді на Міжнародних наукових конференціях.

В зв'язку з вводом в дію з січня 2006 року нового видання стандарту API5CT виконаний порівняльний аналіз нових технічних вимог в порівнянні з діючою документацією. Був розроблений план технічних робіт по виконанню вимог нового стандарту на трубних підприємствах.

Сьогодні заводчани з впевненістю дивляться в майбутнє. Святкування 110-річного ювілею – ще один привід оцінити пройдений шлях, підвести підсумки про досягнення і намітити перспективи, які очікують ВАТ „НТЗ” в XXI столітті.

1.2 Характеристика підстанції і її призначення

Підстанція НС-2 призначена для живлення ТПЦ-4 (Трубопрокатний Цех №4)

Підстанція НС-2 має два вводи від підстанції т-4а . Від двох трансформаторів типу ТМ - 1000 / 10 на кожен із двох секцій подається живлення. Секції зв'язані між собою секційними вимикачами. В нормальному стані секційні вимикачі не працюють і вмикаються лише тоді коли одна із секцій втрачає живлення . Підстанція отримує живлення від т-4а по кабельним лініям.

В зв'язку з тим, що підстанція НС-2 є цеховою підстанцією і живить споживачів 1,2,3 категорії. То згідно вимог ПУЄ до споживачів 1,2,3 категорії з боку електробезпеки проводять частинні вимоги:

- Встановлення парної кількості споживачів трансформаторів потужністю до 1600 кВА ;
- встановлення устрою АВР (Автоматичне вмикання резерву) , АПВ (Автоматичне вмикання резерву) , РЗ і А (Релейного захисту і автоматики) , сигналізації аварійної і пожежної ;
- двох секцій шин.

Підстанція НС-2 розташована в одноповерховій будівлі, облаштована чарунками КРУ , в яких встановлені високовольтні вимикачі, трансформатори струму і напруги.

1.3 Характеристика споживачів електричної енергії

Підстанція НС-2 живить споживачів 1 і 2 категорії, які складають 85 % від майже усіх споживачів підстанції.

Споживачі 1 категорії - як правило за першою категорією електропостачання запитані відповідальні споживачі (протипожежні насоси, аварійне електроосвітлення, пожежна та охороною сигналізації і т.д.). В першу категорію так само входить особлива група електроспоживачів, яка повинна бути безупинною в силу можливості виникнення пожеж, вибухів і людських смертей. Електроспоживачі цієї категорії при нормальній роботі, мають передбачати два незалежних резервуються джерела електроживлення, у яких перерва для відновлення електропостачання при відключенні одного з них повинна бути лише на час автоматичного перемикавання на другий. Як правило для першої категорії передбачаються дві незалежні трансформаторні підстанції (ТП) або ТП і ДГУ (дизель генератор), або ТП та акумуляторні батареї, розраховані на певний час роботи як в режимі очікування так і в режимі тривоги. Автоматичне перемикавання споживачів першої категорії на резервний ввід здійснюється за допомогою пристрою автоматичного введення резерву (АВР).

Для особливої групи першої категорії, повинен передбачатися також третій незалежне джерело, для збільшення загальної надійності. У ролі третього незалежного джерела для особливої групи електроспоживачів, можуть використовуватися різні апарати безперебійного електроживлення, акумуляторні батареї, дизель генератори (ДГУ) і т.д. за допомогою АВР на 3 вводу або двох АВР.

Споживачі 2 категорії До них можна віднести електроспоживачів, що при раптовому відключенні електроенергії можуть призвести до масового виникнення несправностей або не допуск продукції, тривалий простій робітників, обладнання, технічного процесу, загальне порушення нормальної життєдіяльності великої кількості міського та сільського населення.

2 категорія повинна при нормальній своїй роботі, забезпечити електропостачання, так само від двох незалежних резервуючих джерел електроживлення, але допускається деякий час на перемикання (наприклад, час за яке черговий електрик зайде в щитову і перемкне рубильник на другий ввід). Для електроспоживачів другої категорії при виникненні проблем з електроживленням на одному з джерел допускається час простою до відновлення електропостачання в проміжку поки черговий персонал або виїзна бригада не зробить необхідне переключення і відновить надходження електропостачання. Для електропостачання за другою категорією необхідні два незалежних джерела електроживлення, але на відміну від споживачів першої категорії, перемикання на резервний ввід здійснюється вручну (без пристрою введення резерву АВР).

Більшість електроспоживачів проєктованих адміністративних будівель відносяться до другої категорії електропостачання.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення максимальних значень потужності підстанції

Визначення розрахункових електричних навантажень виробляють для вибору потужності і числа трансформаторів підстанцій, перетину проводів і жил кабелів електричних мереж, комутаційної апаратури, перетину шин підстанцій та інших елементів системи електропостачання нафтопромислу.

Виконуємо розрахунок максимальних значень потужності, яка споживається підстанцією.

Таблиця 1- Навантаження споживачів 0,4/6 кВ

Навантаження	$P_{нкВт}$	$Q_{к/Вт}$	$S_{пск/Вт}$	$I_{пс/А}$
Літнє	$P_{н.6}=2384$	$Q_{.6}=2100$	$S= 3520.2$	$I= 345.1$
Літнє	$P_{н.0.4}=756.5$	$Q_{.0.4}=644.2$	$S= 3520.2$	$I= 345.1$
Зимове	$P_{н.6}=3150$	$Q_{.6}=2546$	$S= 5153.8$	$I= 505.2$
Зимове	$P_{н.0.4}=853.1$	$Q_{.0.4}=700.1$	$S= 5153.8$	$I= 505.2$

Відомості дані електричного навантаження прийняті в таблиці взяті з технічного відділу підприємства ПАТ «Інтерпайп НТЗ»

Визначаємо півгодинний максимум повного навантаження

$$S_{пс Л} = \sqrt{(P_{н.6} + P_{н.0.4})^2 + (Q_{.6} + Q_{.0.4})^2} \quad (1)$$

де $P_{н}$ – півгодинний максимум активного навантаження;

Q – півгодинний максимум реактивного навантаження

$$S_{пс Л} = \sqrt{(2384 + 756.5)^2 + (2100 + 644)^2} = 3520.2 \text{ кВА}$$

Знаходимо максимальний розрахунковий струм

$$I_{Л} = S_{пс Л} / \sqrt{3} U_{н}; \text{ А} \quad (2)$$

$$I_{Л} = 3520.2 / 1.73 \times 6 = 345.1 \text{ А}$$

Отримані результати заносимо до таблиці

Таблиця 2- Розрахункові дані навантаження на 0.4 кВ

С _{пс} Л/кВт	І _{пс} Л/А
3520.2	345.1

Визначаємо встановлену потужність групи споживачів на 6 кВ

Визначаємо півгодинний максимум повного навантаження

$$S_{пс\ 3} = \sqrt{(P_{н.6} + P_{н.0.4})^2 + (Q_{.6} + Q_{.0.4})^2} \quad (2.1.1)$$

де $P_{н}$ – півгодинний максимум активного навантаження;

Q – півгодинний максимум реактивного навантаження

$$S_{пс\ 3} = \sqrt{(3150 + 853.1)^2 + (2546 + 700.1)^2} = 5153.8 \text{ кВА}$$

Знаходимо максимальний розрахунковий струм

$$I_3 = S_{пс\ 3} / \sqrt{3} U_{н}; \text{ А} \quad (2.1.2)$$

$$I_3 = 5153.8 / 1.73 \times 6 = 505.2 \text{ А}$$

Отримані результати заносимо до таблиці

Таблиця 3- Розрахункові дані навантаження на 6 кВ

С _{пс} 3/кВт	І _{пс} 3/А
5153.8	505.2

Для подальших розрахунків і вибору високовольтного обладнання, приймаємо максимальне зимове навантаження і струм максимального навантаження.

2.2 Вибір силових трансформаторів

Силові трансформатори призначені для перетворювання енергії одного виду в інший. Вибір ведеться на основі техніко-економічного розрахунку.

До технічного розрахунку відносяться наступні вимоги:

- кількість трансформаторів на цеховій підстанції повинна бути мінімальною, але не менше двох;

- потужність в одному повинна бути не більше 1600 кВА.

Обираємо 2 трансформатора типу ТМ 1000/6

Вибір ведеться на основі трьох режимів роботи.

У нормальному режимі роботи

$$n \times S_{\text{нтр}} \geq S_{0,4} \quad (2.2.1)$$

де n – кількість силових трансформаторів штук

$S_{\text{нтр}}$ – номінальна потужність трансформатора кВА;

$S_{0,4}$ - номінальна потужність споживачів на 0,4 кВ.

$$2 \times 1000 \geq 853.1$$

$$2000 \geq 853.1$$

У ремонтному режимі роботи

$$(n-1) \times S_{\text{нтр}} \geq S_{0,4} - S_{\text{отк}} \quad (2.2.2)$$

де $S_{\text{отк}}$ – активна потужність відключення

$$S_{\text{вимкнення}} = 0.85 \times 1000 = 850$$

$$(2-1) \times 1000 \geq 853.1 - 850$$

$$1000 \geq 3.1$$

У аварійному режимі роботи

$$(n-1) \times 1,4 \times S_{\text{нтр}} \geq S_{\text{max}}(0.4) \text{ I, II кат.} \quad (2.2.3)$$

$$(2-1) \times 1,4 \times 1000 \geq 853.1 \times 0.85$$

$$1400 \geq 725.1$$

Приймаємо для цехової підстанції 2 трансформатори типу ТМ - 1000/6 технічні характеристики заносимо до таблиці.

Таблиця 4- Технічні характеристики силового трансформатора

Тип	S _{ном} , кВА	U _{ном} , кВ		Втрати, кВт		U _{кз} %	I _{хх} %
		ВН	НН	ΔP _х	ΔP _к		
ТМ 1000/6	1000	10	0,4	2.45	12.2	5.5	1.4

Визначаємо втрати активної потужності в перетворювачі

$$\Delta P_{\text{пер.}} = n(\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \times k_{\text{з}}^2) \quad (2.2.4)$$

де ΔP_{хх} – втрати активної потужності холостого ходу

ΔP_{кз} – втрати активної потужності короткого замикання

k_з – коефіцієнт завантаження трансформатора

$$k_{\text{з}} = S_{30}(0.4)/(n \times S_{\text{нтр.}}) \quad (2.2.5)$$

$$k_{\text{з}} = 853.1 / (2 \times 1000) = 0.42$$

$$\Delta P_{\text{пер.}} = 2 (2.45 + 12.2 \times 0.42^2) = 9.04 \text{ кВт}$$

Визначаємо втрати реактивної потужності

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n \times (\Delta Q_{\text{х.х}} + \Delta Q_{\text{к.з}} \times k_{\text{з}}^2) \quad (2.2.6)$$

де ΔQ_{хх} – втрати реактивної потужності холостого ходу

ΔQ_{кз} – втрати реактивної потужності короткого замикання

$$\Delta Q_{\text{хх}} = (S_{\text{нтр.}} \times I_{\text{хх}}\%) / 100 \quad (2.2.7)$$

де I_{хх}% - струм холостого ходу

S_{н.пер.} – повна потужність перетворювача

$$\Delta Q_{\text{хх}} = (1000 \times 1.4) / 100 = 14 \text{ кВар}$$

$$\Delta Q_{\text{кз}} = (S_{\text{нтр.}} \times U_{\text{к}}\%) / 100 \quad (2.2.8)$$

де U_к% - напруга короткого замикання

$$\Delta Q_{\text{кз}} = (1000 \times 5.5) / 100 = 5.5 \text{ кВар}$$

$$\Delta Q_{\text{тр.}} = 2(14 + 5.5 \times 0.42^2) = 46.7 \text{ кВар}$$

2.3 Розрахунок струму короткого замикання

Розрахунок струмів КЗ проводиться для вибору або перевірки параметрів електрообладнання, а також для вибору або перевірки установок релейного захисту або автоматики.

Для розрахунку струмів КЗ необхідно скласти розрахункову схему.

Розрахункова схема

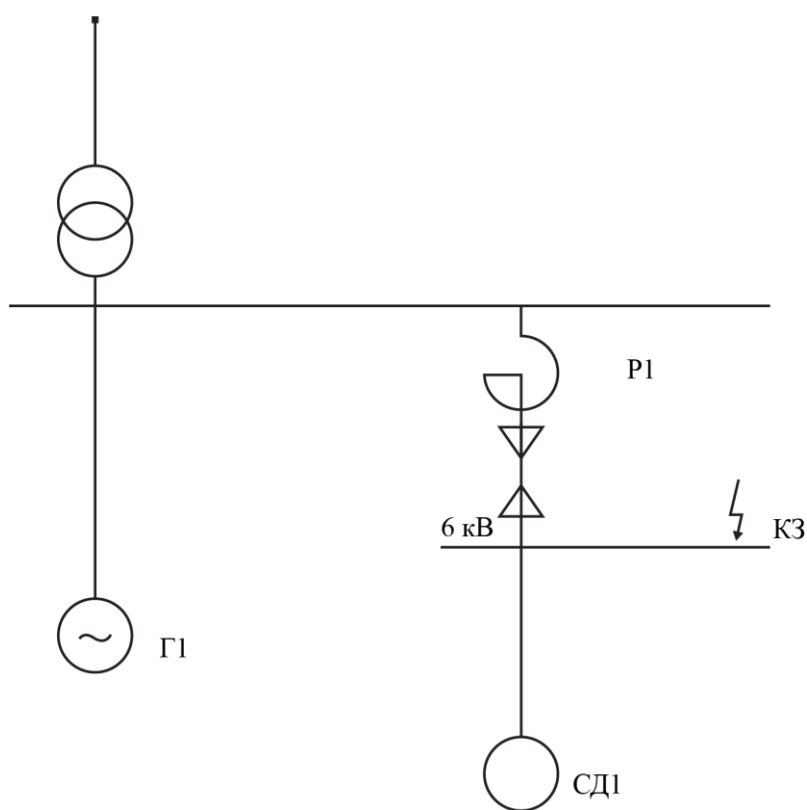


Рис. 1 Розрахункова схема

1. Вибираємо базові умови

$$S_6 = 100 \text{ мВА}$$

$$S_c = 3500 \text{ мВА}$$

$$V_6 = 6,3 \text{ кВ}$$

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot V_{\delta}} ; \text{кА} \quad (2.3.1)$$

$$I_{\delta} = \frac{100}{1,73 \cdot 6} = 9,63 \text{кА}$$

2. Складаємо схему заміщення

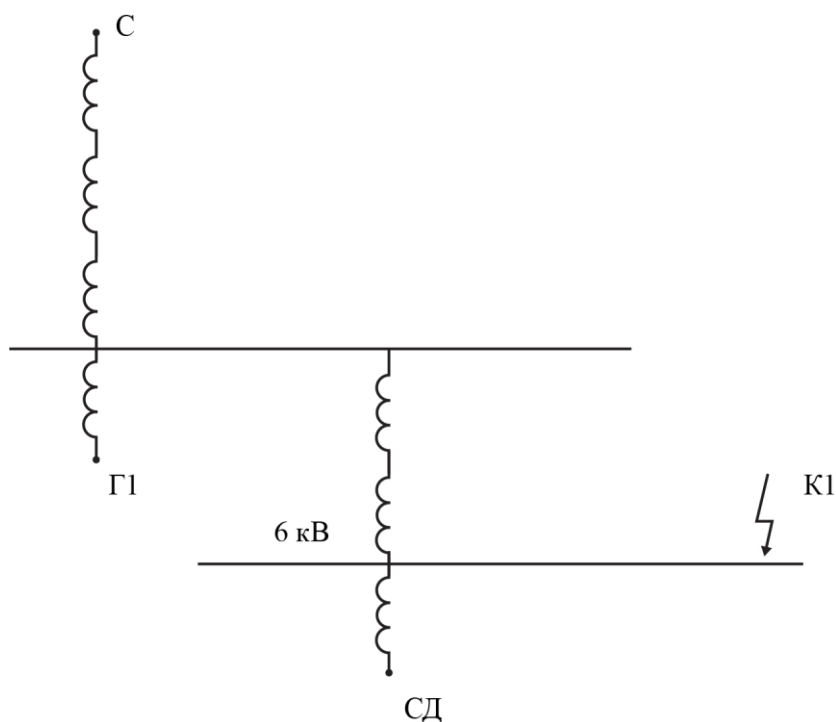


Рис. 2 Схема заміщення

2. Приводимо елементи схеми до базових умов

$$X_c = \frac{S_{\delta}}{S_c} = \frac{100}{3500} = 0.03$$

$$X_{Л1*} = X_{y\delta} \times l \times \frac{S_{\delta}}{V_{cp.}^2} \quad (2.3.2)$$

$$X_{Л1} = 0,4 \times 2 \times \frac{100}{154^2} = 0,003$$

$$X_{TP1*} = \frac{X_{T\%}}{100} \times \frac{S_{\delta}}{S_H} \quad (2.3.3)$$

$$X_{mp} = \frac{10,25}{100} \times \frac{100}{15} = 0,7$$

$$X_{KK} = X_{уд} \cdot 1 \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{V_{cp.}^2} \quad (2.3.4)$$

$$X_{KL} = 0,08 \cdot 1 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,2$$

$$X_{сд} = X''d \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_{сд.}} \quad (2.3.5)$$

$$X_M = 0,2 \cdot \frac{100}{5,15} = 3,88$$

Складаємо схему заміщення

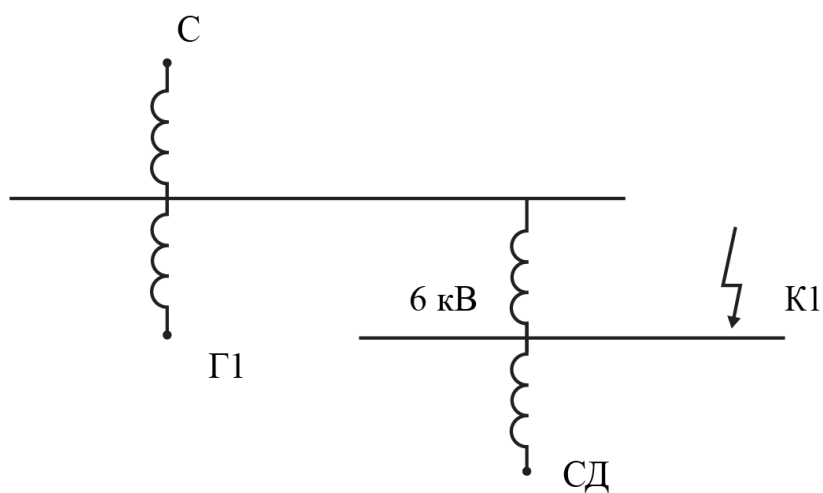


Рис. 3 Схема заміщення

Спрощуємо схему

$$X_1 = X_c + X_{пл} + X_{тр.1} + X_{кл} \quad (2.3.6)$$

$$X_1 = 0,03 + 0,003 + 0,7 + 0,2 = 0,93$$

Після спрощення схема матиме вигляд

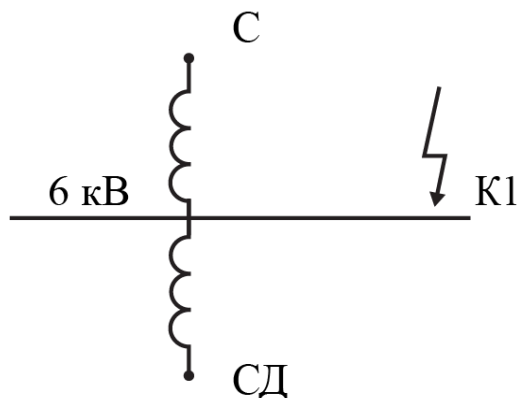


Рис. 4 Схема заміщення

Знаходимо струм КЗ.

$$I_{\text{пос}} = \frac{E_c}{X_{\text{рвз}}} \times I_b \quad (2.3.7)$$

$$I_{\text{пос}} = \frac{1}{0,93} \cdot 9,63 = 10,35 \text{ кА}$$

$$I_{\text{пом}} = \frac{E_m}{X_{\text{рвз}}} \times I_b \quad (2.3.8)$$

$$I_{\text{пом}} = \frac{1,1}{3,88} \times 9,63 = 2,7 \text{ кА}$$

$$I_{\text{п.о}} = 10,35 + 2,7 = 13,05 \text{ кА}$$

Визначаємо ударний струм

$$I_y = \sqrt{2} \times K_y \times I_{\text{по}} \quad (2.3.9)$$

$$I_y = 1,41 \times 1,369 \times 13,05 = 25,2 \text{ кА}$$

$$K_y = 1,369 \text{ [1] табл. 3.8}$$

$$T_a = 0,01$$

$$B_k = I_{\text{по}}^2 (t_{\text{сз}} + T_a) \quad (2.3.10)$$

$$B_k = 13,05^2 (0,3 + 0,01) = 52,8 \text{ кА}^2\text{с}$$

Таблиця 5- Дані розрахунку струму КЗ

Точка КЗ	$I_{по}, \text{кА}$	$I_y, \text{кА}$	$Вк, \text{кА}^2 \times \text{с}$
К1	13.05	25.2	52.8

2.4 Вибір апаратів та струмоведучих частин

Розрахунковими умовами для вибору і перевірки апаратів та струмоведучих частин розподільчого пристрою є наступні величини:

Напруга установки $U_{уст} = 6 \text{ кВ}$;

Робочий максимальний струм $I_{р.мак} = 463,92 \text{ А}$

Струм короткого замикання $I_{п.о} = 13.05 \text{ кА}$

Ударний струм $i_{уд} = 25.2 \text{ кА}$

Тепловий імпульс в момент КЗ $Вк = 52.8 \text{ кА}^2 \text{с}$

Вибір вимикачів

Приймаємо до установки вимикач типу ВВЭ-10-20 для внутрішньої установки в шафах типу КРУ КМ-1Ф-6-20УЗ

Виконуємо вибір вимикача по напрузі

$$V_{уст} \leq V_{ном}; \quad (2.4.1)$$

$$6 \leq 6;$$

по тривалому струму

$$I_{р.мак} \leq I_{ном}; \quad (2.4.2)$$

$$463,92 \leq 630$$

по вимираючій здібності

$$I_{п.о} \leq I_{вимк.ном}; \quad (2.4.3)$$

$$13.05 \leq 20$$

Перевіряємо вимикач:
на динамічну стійкість

$$i_y \leq i_{\text{дин.}}; \quad (2.4.4)$$

$$25.2 \leq 52$$

на термічну стійкість

$$B_K \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}; \quad (2.4.5)$$

$$52.8 \leq 20^2 \times 3 = 1200$$

Після здійснення умов розрахунку до установки приймаємо вимикач типу
ВВЭ-10-20/630 УЗ

Вибір трансформатору струму:
по напрузі

$$V_{\text{уст.}} \leq V_{\text{ном.}}; \quad (2.4.6)$$

$$6 \leq 10$$

по струму

$$I_{\text{р.мах}} \leq I_{\text{ном.}}; \quad (2.4.7)$$

$$463,92 \leq 600$$

Перевіряємо трансформатор на електродинамічну стійкість :

$$i_y \leq i_{\text{дин.}}; \quad (2.4.8)$$

$$25.02 \leq 51$$

по термічній стійкості

$$B_K \leq I_{\text{тер}}^2 \times t_{\text{тер}} \quad (2.4.9)$$

$$52.8 \leq 40^2 \times 3 = 4800.$$

$$52.8 \leq 4800$$

по вторинному навантаженню

$$Z_2 \leq Z_{2\text{ном.}}; \quad (2.4.10)$$

Таблиця 6- Прилади які приєднуються до трансформаторів струму

Прилади	Тип	Навантаження, В А фази		
		А	В	С
Лічильник реактивної енергії	И-673	2,5	-	2,5
Лічильник активної енергії	И-675	2,5	-	2,5
Амперметр	Э-335	0,5	0,5	0,5
Всього		5,5	0,5	5,5

$$r_{\text{прип.}} = \frac{S_{\text{прип.}}}{I_2^2} \quad (2.4.11)$$

$$r_{\text{прип.}} = 5.5 / 25 = 0.22$$

Розраховуємо допустимий опір провідників

$$r_{\text{пр.}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{прип}} - r_{\text{к}} \quad (2.4.12)$$

$$r_{\text{пр.}} = 0.8 - 0.22 - 0.1 = 0.48$$

Розраховуємо допустимий перетин проводів

$$q_g = \frac{\rho \times l \times p}{r_{\text{пр}}} \quad (2.4.13)$$

$$q_g = \frac{0,0283 \cdot 40}{0,48} = 2,35$$

де ρ - листовий опір для проводів з алюмінієвими жилами. За умовою механічної міцності перетин не повинен бути менше 4 мм² для алюмінієвих жил [8] стор.375 , тому приймаємо контрольний кабель АКРВГ перетином 4 мм²;

l_p - довжина проводу для схем повної зірки.

$$l_p = l = 40 \text{ м.}$$

Приймаємо до установки трансформатор типу ТПЛ – 10/600

Вибір трансформатора напруги

Трансформатори напруги призначені для зниження високої напруги до стандартної величини 100 або $\sqrt{3} \cdot 100$ В і для відокремлення кіл вимірювання і РЗ від первинних кіл високої напруги.

Трансформатор вибирають за наступними умовами по напрузі

$$V_{\text{уст.}} \leq V_{\text{ном.}} ; \quad (2.4.14)$$

$$6 \leq 10;$$

Таблиця 7- Прилади які приєднуються до трансформаторів напруги

Прилади	Тип	$S_{\text{сповуф.}}$	К-сть катушок	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	Число прохо	P, Вт	Q, вар
Вольтметр	Э-385	2	1	1	0	3	6	-
Лічильник	И-630	2	2	0,38	0,925	6		58,2
Лічильник	И-676	3	2	0,38	0,927	4	24	58
Всього							54	116,2

$$S_{\text{нав.}} = \sqrt{\sum P^2 + \sum Q^2} \quad (2.4.15)$$

$$S_{\text{нав.}} = \sqrt{54^2 + 116,2^2} = 128,13 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$$S_{2\leq} \leq S_{\text{ном.}} ; \quad (2.4.16)$$

$$128,13 < 200$$

де $S_{\text{ном.}}$ - номінальна потужність у вибраному класі точності.

$S_{2\leq}$ - навантаження всіх вимірювальних приладів приєднаних до трансформатора напруги, В А.

Клас точності даного трансформатору рівний 1, для приєднання приладів 200 В А.

До установки приймаємо трансформатор напруги типу НТМИ-10-66УЗ.

Вибір кабелю по напрузі

$$V_{\text{уст.}} \leq V_{\text{ном.}} ; \quad (2.4.17)$$

$$6 \leq 10;$$

Обираємо кабель типу ААШв

Визначаємо переріз кабелю по економічній щільності струму

$$j_{ек} = 1,4 \text{ А/мм}^2 \quad [2] \text{ табл. 4.5.}$$

$$q_{ек} = \frac{I_{норм.}^2}{j_{ек}} \quad (2.4.18)$$

$$q_{ек} = \frac{463,92}{1,4} = 331,3 \text{ мЗ}$$

За умовами монтажу приймаємо 2(3х240) з $I_{дл.}=390$

$$I_{доп.} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{доп.ном} \quad (2.4.19)$$

$$I_{доп.} = 0,9 \cdot 0,89 \cdot 390 \cdot 2 = 624,78 \text{ А}$$

де $k_1 - 0,9$ поправочний коефіцієнт k_1 [3] табл. 7.17

$k_2 - 0,89$ поправочний коефіцієнт k_2 [3] табл. 7.18

Перевіряємо кабель на термічну стійкість

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} \quad (2.4.20)$$

$$q_{min} = \frac{\sqrt{72,14 \cdot 10^6}}{98} = 86,6 \text{ мм}^2$$

де $C=98 \text{ А } C^{1/2}/\text{мм}^2$ [3] табл. 3.14

$$q_{псп} \leq q \quad (2.4.21)$$

$$86,6 \leq 331,3$$

$$I_{h/\max} \leq I_{доп.} \quad (2.4.22)$$

$$463,92 \leq 624,78$$

До установки приймаємо 2 кабелі типу ААШв 2(3х240)

$$I_{дон} = 390 \text{ А.}$$

Вибраний кабель термічно-стійкий до струмів короткого замикання.

Вибір шин

Збірні шини розподільчого пристрою вибираються по нагріванню тривало-допустимим струмом та перевіряються на термічну і електродинамічну стійкість.

Приймаємо до установки шини алюмінієві прямокутного перетину типу АДЗ1Т-40х5

Допустимий струм шин

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{пс}} \quad (2.4.23)$$

$$463,92 \geq 502$$

Для перевірки шин на термічну стійкість при короткому замиканні визначаємо мінімальний термічно-стійкий переріз провідника

$$q_{\text{мін}} = \sqrt{V_k / C} \quad (2.4.24)$$

$$q_{\text{мін}} = \sqrt{52,8 \times 10 / 95} = 72,66 \text{ мм}^2$$

$$\text{де } C=95 \text{ А} \times \text{с}^2/\text{мм}^2 \quad [3] \text{ таб. 2-62}$$

$$q_{\text{доп}} \geq q_{\text{мін}} \quad (2.4.25)$$

$$200 \geq 72,66$$

Таким чином, вибрані шини термічно-стійкі до струмів короткого замикання.

Перевіряємо шини на динамічну стійкість до струмів короткого замикання.

Найбільша сила, що діє на шину середньої фази при умові розташування шин в одній площині

$$F = 1,76 \times l/a \times i_y^2 \times 10^{-7} \quad (2.4.26)$$

$$F = 1,76 \times 0,75 / 0,5 \times (31,03 \times 10^3)^2 \times 10^{-7} = 190 \text{ Н}$$

Визначаємо гнучкий момент, який утворюється ударним струмом

$$M = F \times l / 10 \quad (2.4.27)$$

$$M = 190 \times 0,75 / 10 = 14,25 \text{ Н} \times \text{м}$$

Найбільша напруга в металі

$$\sigma_p = M / W \quad (2.4.28)$$

$$\sigma_p = 14,25 / 1,33 = 10,71 \text{ мПа}$$

Де W – момент опору, м

$$W = b \times h^2 / 6 \quad (2.4.29)$$

$$W = 5 \times 10 \times 0,04^2 / 6 = 1,33 \text{ м}$$

Розмір шин даний в метрах

Умова динамічної стійкості шин при КЗ виконується

$$\sigma_{\text{доп}} \geq \sigma_{\text{роб}} \quad (2.4.30)$$

$$91 \geq 10,71$$

$$\sigma_{\text{доп}} = 91 \text{ МПа} \quad [8] \text{ таб. 2,63}$$

Вибрані шини стійкі до електродинамічної дії струмів КЗ.

2.5 Джерела оперативного струму

Живлення оперативних кіл управління, захисту, автоматики та сигналізації, а також електромагнітів комутаційних апаратів головних кіл здійснюється від спеціальних джерел оперативного струму.

До систем оперативного струму пред'являються вимоги високої надійності та безпеки дії при коротких замиканнях та інших нормальних режимах у колах головного струму.

Враховуючи те, що споживачі підстанції в основному відносяться до першої категорії по безперебійності електропостачання, приймаємо на підстанції постійний оперативний струм систем живлення оперативних кіл, при якому в якості джерела живлення використовується акумуляторна батарея. Приймаємо до установки дві комплектні акумуляторні батареї типу ШУОТ-01, що зібрані з акумуляторів АБН-80.

Шафи управління оперативного струму встановлюються в окремому приміщенні. Також передбачається встановлення зарядно-підзарядного агрегату для перш початкового зарядження батареї та її перезарядження при глибокому розрядженні.

2.6 Вибір і розрахунок РЗ та автоматики

В дипломному проекті приведений розрахунок релейного захисту та допустимого захисту трансформатора.

Для захисту трансформатора використовують такі види захисту:

- струмова відсічка – від багатofазних к/з на вводах трансформатора;
- МСЗ з витримкою часу – від перенавантажень;
- газовий захист - від внутрішніх пошкоджень в трансформаторі.

Розрахунок захисту трансформатора ТМ 1000/6

$$U_K = 5,5\%$$

схема з'єднань

$$Y/Y$$

$$I^{(3)}_{K3} = 15,81 \text{ А}$$

$$S_6 = 100 \text{ мВА}$$

Опір системи:

$$X_c = U^2_{cp}/S_6 \quad (2.6.1)$$

$$X_c = 6,3^2/100 = 0,39 \text{ Ом}$$

Опір трансформатора:

$$X_{tr} = U_K\% \times U^2_{cp}/100 \times S_{tr} \quad (2.6.2)$$

$$X_{tr} = 5.5 \times 6,3^2/100 \times 1 = 2,18 \text{ Ом}$$

Струм трифазного КЗ на шинах 0,4 кВ приведений до сторони ВН

$$I^{(3)}_{K3НН} = U_{cp}/\sqrt{3}(X_c + X_{tr}) \quad (2.6.3)$$

$$I^{(3)}_{K3НН} = 6300/\sqrt{3}(0,39 + 2,18) = 1415,7 \text{ А}$$

Струм однофазного КЗ на стороні 0,4 кВ:

$$I^{(1)}_{K3НН} = 3U_{ф}/2(z_{tr} + z_{отр}) \quad (2.6.4)$$

де $U_{ф}$ – фазна напруга мережі $U_{ф} = 220 \text{ кВ}$;

Z_{tr} , $Z_{отр}$ – повні опори відповідно прямої і нульової послідовності трансформатора (див. табл. 3).

$$I^{(1)}_{K3НН} = 3 \times 220/2(0,0088 + 0,081) = 660/0,1796 = 3674,8 \text{ А}$$

Струм однофазного КЗ на стороні 0,4 кВ, приведений до сторони 6 кВ

$$I(1)_{\text{КЗВН}} = I(1)_{\text{КЗНН}} \times U_{\text{срНН}} / U_{\text{срВН}} \quad (2.6.5)$$

$$I(1)_{\text{КЗВН}} = 3674,8 \times 0,4 / 6,3 = 233,32 \text{ А}$$

Номинальні струми трансформатора:

$$I_{\text{НВН}} = S_{\text{тр}} / \sqrt{3} \times U_{\text{тр}} \quad (2.6.6)$$

$$I_{\text{НВН}} = 1000 / \sqrt{3} \times 6 = 96,33 \text{ А}$$

$$I_{\text{ННН}} = 1000 / \sqrt{3} \times 0,4 = 1445,08 \text{ А}$$

В чарунках силового трансформатора встановлені трансформатори струму типу ТПЛ – 10; $K_{\text{тр}} = 20$ на стороні ВН. Коефіцієнт трансформації трансформатора струму в нейтралі приймаємо виходячи з того, що навантаження нейтралі обмотки НН розраховано на навантаження $0,25 I_{\text{нтр}}$ з схемою з'єднання Y/Y

$$K_{\text{то}} = 600 / 5 = 120$$

Визначаємо струм спрацьовування МСЗ, який виконаний по схемі зірка з реле РТ- 40.

$$I_{\text{сз}} = K_{\text{н}} \times K_{\text{сзп}} / K_{\text{в}} \times I_{\text{рмах}} \quad (2.6.7)$$

де $K_{\text{н}} = 1,1$ – коефіцієнт надійності;

$K_{\text{в}} = 0,8$ – коефіцієнт повернення;

$K_{\text{сзп}} = 2,5$ – коефіцієнт самозапуску навантаження;

$I_{\text{робмах}} = 1,4 I_{\text{ном}}$ (враховуючи можливе перевантаження в режимі АВР).

$$I_{\text{сз}} = 1,1 \times 2,5 / 0,8 (96,33 \times 1,4) = 462,57 \text{ А}$$

Струм спрацьовування реле МСЗ

$$I_{\text{сп}} = K_{\text{сх}} \times I_{\text{сз}} / K_{\text{трВН}} \quad (2.6.8)$$

$$I_{\text{сп}} = 1 \times 462,57 / 30 = 15,42 \text{ А}$$

Розрахунковий струм в реле при двохфазному КЗ за трансформатором для схеми неповної зірки з двома реле РТ-40

$$I_{\text{р}} = \sqrt{3} \times I^{(3)}_{\text{КЗНН}} / 2 \times K_{\text{ТВН}} \quad (2.6.9)$$

$$I_{\text{р}} = 1,73 \times 1415,7 / 2 \times 30 = 2449,16 / 60 = 40,81 \text{ А}$$

Коефіцієнт чутливості кз за трансформатором:

$$K_{\text{ч}} = I_{\text{р}} / I_{\text{сп}} \quad (2.6.10)$$

$$K_{\text{ч}} = 40,81/15,42 = 2,64 > 2$$

Захист чутливий.

Визначаємо струм спрацьовування відсічки, яка виконана по схемі неповна зірка з двома реле РТ-40.

$$I_{\text{сз}} = K_{\text{н}} \times I^{(3)}_{\text{кзнн}} \quad (2.6.11)$$

$$\text{де } K_{\text{н}} = 1,3 \div 1,4 \text{ [3] таб.4.2}$$

$$I_{\text{сз}} = 1,3 \times 1415,7 = 1840,41 \text{ А}$$

Струм спрацьовування реле відсічки

$$I_{\text{сп}} = K_{\text{сх}} \times I_{\text{сз}} / K_{\text{твн}} \quad (2.6.12)$$

$$I_{\text{сп}} = 1 \times 1840,41 / 30 = 61,34 \text{ А}$$

Приймаємо до установки реле РТ-40/100 з діапазоном уставок $25 \div 100 \text{ А}$.

Визначаємо коефіцієнт чутливості відсічки при $I^{(2)}_{\text{кзвн}}$ на виводах 6 кВ

$$K_{\text{ч}} = I^{(2)}_{\text{кзвн}} / I_{\text{сз}} \quad (2.6.13)$$

$$K_{\text{ч}} = 0,87 \times 15810 / 1840,41 = 7,47 > 2$$

Захист чутливий.

2.7 Вибір конструкції ПС

НС -2 зворотнього водопостачання напругою 6 кВ виконується закритою. У закритій частині РУ знаходиться обладнання напругою 6 кВ. Закрита споруда має один поверх. Чарунки типу КРУ у кількості 26 шт. дворядного виконання. Підстанція має дві секції шин, між собою вони зв'язані секційним вимикачем. В чарунках КРУ встановлені вимикачі типу ВВЭ-10-20 вимірювальні трансформатори струму типу ТПЛ – 10 та напруги типу НТМИ-10-66УЗ. На кожній секції шин встановлені по одному трансформатору типу ТМ 1000/6 В результаті розрахунків обрані шини перетином АДЗ1Т-40х5, кабель типу ААШв 2(3х240) у кількості 2 шт.

3 ЕКОНОМІКА ВИРОБНИЦТВА

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

ВСТУП

Моя мета виконати реконструкцію ПС «Нс2» 6 / 0,4 кВ в умовах ПАТ «Інтерпайп НТЗ». Обсяг моєї роботи пов'язаний з необхідністю переходу на сучасне обладнання. Роботи по реконструкції дозволять підвищити надійність електропостачання, а причина цьому це моральне та фізичне старіння, катастрофічний знос обладнання підстанцій. Ці фактори не можна ігнорувати, так як експлуатація несправного, старого і застарілого обладнання підвищує з кожним днем імовірність виникнення непередбачених, а часом і аварійних ситуацій на підстанції, і як наслідок — порушення постачалося електроенергію і споживачів.

Крім того застаріле обладнання вимагає серйозних витрат на підтримку в нормальному, робочому стані, і при експлуатації застарілого обладнання знижується коефіцієнт корисної дії. Так що реконструкція підстанція «НС2» є необхідністю для енергопостачання підприємства.

Основна частина

3.1 Розрахунок капітальних інвестицій.

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення можуть включати:

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;
- витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;
- витрати, пов'язані з виконанням монтажно-налагоджувальних робіт;
- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Капітальні вкладення на спорудження електричної частини підстанції можна визначити так (згідно з фінансовим документом підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік):

$$K=V_o+V_t+V_{bm}+V_p+V_z, \quad (3.1.1)$$

де V_o – вартість обладнання;

V_t – вартість транспортування обладнання;

V_{bm} – вартість будівельно-монтажних робіт;

V_p – планові накопичення;

V_z – транспортно-заготівельні витрати.

Для визначення вартості обладнання складається кошторис специфікація. В ньому приводиться найменування обладнання, його тип, ціна одиниці

обладнання і загальна вартість. Вибір обладнання був вибраний в курсовому проекті з дисципліни «Електроустаткування станцій і підстанцій».

Таблиця 8 – Кошторис-специфікація і розрахунок виробничих інвестицій на спорудження електричної частини підстанції. (взято згідно з фінансовим документом підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік)

Найменування обладнання	Тип обладнання	Кількість штук	Вартість, грн	
			Одиниці	Загальна
Вимикач	ВВЭ1031.5/630УЗ	13	67585	878605
Трансформатор силовий	ТМ-1000/10	2	133000	269000
Трансформатор струму	ТПЛ – 10/600	26	15000	390000
Трансформатор напруги	НТМИ-10-66УЗ	2	13200	26400
Разом				1564005

Витрати на транспортування обладнання приймається у відсотках від його вартості в залежності від відстані транспортування (взято згідно з фінансовим документом підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік):

- менше 1 тис. км – 5%
- від 2х до 3х тис. км – 10%
- від 3х до 5-ти тис. км – 12%
- більше 5ти тис. км – 15%

Витрати на транспортування обладнання визначаємо по формулі (згідно з фінансовим документом підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік):

$$В_{т}=15\%/100\%\times V_{o} \quad (3.1.2)$$

$$В_{т}=\frac{15\%}{100\%}\times 1564005=234600.75\text{грн}$$

Вартість будівельно-монтажних робіт приймається у розмірі 17% від вартості обладнання (згідно з фінансовим документом підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік) і розраховується так:

$$B_{\text{бм}} = (17\%) / 100\% \times B_0 \quad (3.1.3)$$

$$B_{\text{бм}} = \frac{17\%}{100} \times 1564005 = 265880.85 \text{ грн}$$

Планові накопичення складають 6% вартості будівельно-монтажних робіт (згідно з фінансовим документом підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік):

$$B_{\text{п}} = 0,06 \times B_{\text{бм}} \quad (3.1.4)$$

$$B_{\text{п}} = 0,06 \times 265880.85 = 15952.85 \text{ грн}$$

Транспортно-заготівельні витрати приймаються у розмірі 1,2% від вартості обладнання та транспортних витратах (згідно з фінансовим документом підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік):

$$B_{\text{тз}} = 0,012 \times (B_0 + B_{\text{т}}) \quad (3.1.5)$$

$$B_{\text{з}} = 0,012 \times (1564005 + 234600.75) = 0,012 \times 1798605,75 = 21583.27 \text{ грн}$$

Таким чином, загальна сума капітальних інвестицій складе

$$K = 1564005 + 234600.75 + 265880.85 + 15952.85 + 21583.27 = 2102022 \text{ грн}$$

3.2. Розрахунок експлуатаційних витрат.

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

- амортизаційні відрахування (С а).

- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z).
- єдиний соціальний внесок (C_c).
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж (C_t).
- вартість електроенергії, що буде спожита об'єктом проектування або втрат електроенергії (C_e).
- інші витрати (C_{in}).

У кожному конкретному випадку можуть бути враховані й інші види поточних витрат, що визначаються специфікою експлуатації об'єкта проектування. Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складуть:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_{пр} + C_e + C_{in} \text{ грн.}$$

3.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань.

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання. Термін корисного використання об'єктів основних засобів для нарахування амортизації, який приймається дипломником, не може бути менше мінімально допустимих термінів корисного використання.

Таблиця 9 – Мінімально допустимі терміни корисного використання за окремими групами основних засобів

Групи	Мінімально допустимі терміни корисного використання, років
група 3 – будівлі;	20
– споруди;	15
– передавальні пристрої	10
група 4 – машини і обладнання;	5
– електронно-обчислювальні машини, інші машини для автоматичної обробки інформації, пов'язані з ними засоби зчитування або друку інформації, комп'ютерні програми, інформаційні системи і т. д.	2
група 5 – транспортні засоби	5
група 6 – інструменти, прилади, інвентар (меблі)	4

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$\Phi_a = \Phi_n - Л,$$

де Φ_n – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

$Л$ – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{\Phi_{п-л}}{\Phi_{п} \cdot T_{п}} \cdot 100, \% \quad (3.3.1)$$

Визначаємо норму амортизації при прямолінійному методі

$$H_a = \frac{1564005-0}{1564005 \cdot 5} \cdot 100, \% = 20$$

де $T_{п}$ – термін корисного використання (амортизаційний період).

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_{п} \cdot H_a}{100} \text{ або } AO = \frac{\Phi_{п} - \Phi_{л}}{T_{п}} \quad (3.3.2)$$

Визначаємо річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом

$$AO = \frac{1564005 \cdot 20}{100} = 312801 \text{ грн}$$

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається за видами основних фондів і нематеріальних активів за розділами зведення капітальних витрат для проектного варіанту і за даними підприємства про балансову вартість замінного устаткування для базового варіанту. Результати розрахунків заносяться в табл.

Таблиця 10 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

№ п/п	Найменування	Капітальні інвестиції, тис. грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, тис. грн.
1.	ВВЭ1031.5/630УЗ	878605	20	312801
2.	ТМ-1000/10	269000	20	
3.	ТПЛ – 10/600	390000	20	
4.	НТМИ-10-66УЗ	26400	20	
ВСЬОГО:	1564005			

3.4. Розрахунок річного фонду заробітної плати.

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу (робітники, КСС), що обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їхньої чисельності, режиму роботи, за погодинними тарифними ставками, посадовими окладами, формами і системами оплати праці і преміювання, що застосовують на підприємстві. Основна заробітна плата працівників – це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона визначається тарифними ставками і відрядними розцінками, посадовими окладами для спеціалістів, службовців і керівників.

Обліковий штат - кількість працівників, що знаходяться у списках (в штатному розкладі) ділянок, цеху чи підприємства. Він розраховується за формулою

$$\text{СП} = \text{Дв} + \text{Рв} + \text{Рн}, \quad (3.4.1)$$

де Дв – добовий штат з підміною на вихідні дні;

Рв – резервний штат на відпустки;

Рн – резервний штат на невиходи з поважних причин.

Основою розрахунку облікового штату є змінний штат, тобто кількість робітників у зміні, що необхідно для безперервного обслуговування обладнання протягом зміни. Змінний штат на базі досвіду роботи складає 1 працівник.

Графік роботи безперервний двозмінний чотирьох бригадний, тривалість зміни 12 годин. При цьому графіку добовий штат з підміною на вихідні дні розраховується так:

$$\begin{aligned} \text{Дв} &= \text{Д} + \text{В}, & (3.4.2) \\ \text{Д} &= 2\text{Р}, \text{ В} = 2\text{Р}, \\ \text{Дв} &= 2\text{Р} + 2\text{Р} = 4\text{Р}, \end{aligned}$$

де Р – змінний штат;

Д – добовий штат;

В – підміна на вихідні дні;

2 – кількість бригад, що працюють протягом доби

4 – загальна кількість бригад;

Добовий штат з підміною на вихідні дні складе

$$Дв = 4Р \quad (3.4.3)$$

$$Р = 4 \times 1 = 4 \text{ чол}$$

Резервний штат на відпустки залежить від тривалості відпустки та відсотків резервного штату на відпустки, які приведені нижче.

Таблиця 11 – співвідношення тривалості відпустки та відсотків резервного штату на відпустки

Тривалість відпустки, календарних днів	Резервний штат на відпустки %
24	8,5
26	9,3
28	10,10
30	10,90

Тривалість відпустки складе:

1 чоловік має відпустку 24 календарних днів – 8,5 %;

1 чоловік має відпустку 26 календарних днів – 9,3 %;

1 чоловік має відпустку 28 календарних днів – 10,10%;

1 чоловік має відпустку 30 календарних днів – 10,90%.

$$Р_B = 8,5 \dots 10,9 / 100 \cdot Дв \quad (3.4.4)$$

$$Ср\%_{Р_B} = \frac{8,5 \cdot 1 + 9,3 \cdot 1 + 10,10 \cdot 1 + 10,90 \cdot 1}{4} \\ = 9,7\%$$

Резервний штат на відпустки

$$Р_B = СР \% Р_B / 100 \times Дв \quad (3.4.5)$$

$$P_B = \frac{9,7 \times 4}{100} = 0,39$$

Приймаємо резервний на відпуски в кількості 1 чоловіка.

Резервний штат на невиходи з поважних причин (хвороба, студентська відпустка, військова повинність та інше) приймаються у розмірі від 2 до 5%

$$P_H = 2 \dots 5 / 100 (D_B + P_B) \quad (3.4.6)$$

$$P_H = 5 / 100 (4 + 0,39) = 0,22$$

Таким чином, резервний штат на відпустки і невиходи з поважних причин буде один електромонтер.

Обліковий штат складе – 5 чоловік

$$СП = 4 + 1 = 5 \text{ чол.}$$

Фонд оплати праці – сума грошових коштів, що призначені для виплати заробітної плати усім робітникам протягом року. Він складається з основної і додаткової заробітної плати.

До основної заробітної плати входить оплата праці згідно з кількістю виготовленої продукції чи відпрацьованого часу.

Додаткова заробітна плата містить в собі доплати за працю у нічний і вечірній часи, святкові дні та за перепрацювання часу згідно з графіком, а

також виплати згідно з трудовим законодавством: оплата відпусток та невиходів з поважних причин.

При роботі безперервним двозмінним чотирьох бригадним графіком, кількість нічних годин приймається у розмірі 1/3 відпрацьованого за рік часу, вечірніх 5/24. Доплата за працю у нічний час – 40% годинної тарифної ставки; у вечірній – 20 % ; у святкові дні – по повній годинній тарифній ставці.

Елементи фонду оплати праці розраховані для робітників, штат яких приведено у таблиці 9.

Таблиця 12 – Штат і тарифікація робітників

Професія	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн..	Система оплати праці	Графік роботи	Штат, чол..	
					Змінний штат,Р	Добовий штат,Дв
Електро-монтер	5	22.80	Погодинно-преміальна, премія 25 %	Безперервний двохзмінний чотирьохбригадний	1	4

Кількість виходів у рік на одного робітника

$$365 \times 2/4 = 182,5 \text{ вих}$$

$$\text{або } 182,5 \times 12 = 2190 \text{ год}$$

Усім штатом за рік буде відпрацьовано

$$Ч_3 = 2190 \times Дв \quad (3.4.7)$$

$$Ч_3 = 2190 \times 4 = 8760 \text{ чол.год}$$

Тривалість роботи у нічний час

$$Ч_н = Ч_3 / 3 \quad (3.4.8)$$

$$Ч_н = 8760 / 3 = 2920 \text{ чол/год}$$

Тривалість роботи у вечірній час

$$Ч_в = Ч_3 \times 5/24 \quad (3.4.9)$$

$$Ч_в = 8760 \times 5/24 = 1825 \text{ чол.год}$$

Тривалість роботи у святкові дні на одного робітника год

$$10 \cdot 12 \times 2/4 = 60 \text{ год}$$

де 10 – кількість свят у році;

12 – тривалість зміни.

Усім штатом у святкові дні буде відпрацьовано

$$Ч_с = 60 \times Дв \quad (3.4.10)$$

$$Ч_с = 60 \times 4 = 240 \text{ чол.год}$$

Час спрацьований згідно з графіком

$$Ч_{п} = 0,03 \times Ч_{з} \quad (3.4.11)$$

$$Ч_{п} = 0,03 \times 8760 = 262,8 \text{ чол.год}$$

Оплата за тарифом

$$О_{т} = Т_{ср} \times Ч_{з} \quad (3.4.12)$$

$$О_{т} = 22.80 \times 8760 = 199728.00 \text{ грн}$$

Оплата за тарифом являє основну заробітну плату

$$З_{о} = О_{т} = 199728.00 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата

Доплата за працю у нічний час

$$Д_{н} = 0,40 \times Т_{ср} \times Ч_{н} \quad (3.4.13)$$

$$Д_{н} = 0,40 \times 22.80 \times 2920 = 26630.40 \text{ грн}$$

Доплата за працю у вечірній час

$$Д_{веч.} = 0,20 \times Т_{ср} \times Ч_{в} \quad (3.4.14)$$

$$Д_{веч.} = 0,20 \times 22.80 \times 1825 = 8322.00 \text{ грн}$$

Доплата за роботу у святкові дні

$$Д_{с} = Т_{ср} \times Ч_{с} \quad (3.4.15)$$

$$Д_{с} = 22.80 \times 240 = 5472.00 \text{ грн}$$

Доплата за перепрацювання часу за графіком

$$Д_{п} = 0,75 \times Т_{ср} \times Ч_{п} \quad (3.4.16)$$

$$Д_{п} = 0,75 \times 22.80 \times 262,8 = 4493.88 \text{ грн}$$

Розмір премії за безаварійну роботу обладнання

$$П = \% П / 100 (О_{т} + Д_{н}) \quad (3.4.17)$$

$$П = 25 / 100 (199728.00 + 26630.40) = 56589.60 \text{ грн}$$

Оплата відпусток

$$О_{в} = С_{р\%} Р_{в} / 100 \times (О_{т} + Д_{н} + Д_{веч.} + Д_{с} + Д_{п} + П) \quad (3.4.18)$$

$$\begin{aligned} О_{в} &= 9,7 / 100 \times (199728.00 + 26630.40 + 8322.00 + 5472.00 + 4493.88 + 56589.60) \\ &= 29219,88 \text{ грн} \end{aligned}$$

Оплата невиходів з поважних причин

$$O_H = \% P_H - 1 / 100 \times (O_T + D_H + D_{\text{веч.}} + D_c + D_p + П) \quad (3.4.19)$$

$$O_H = (5-1)$$

$$/100 \times (199728.00 + 26630.40 + 8322.00 + 5472.00 + 4493.88 + 56589.60) = 12049.43 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата

$$З_d = D_{\text{веч.}} + D_H + D_c + D_p + П + O_B + O_H \quad (3.4.20)$$

$$\begin{aligned} З_d &= 8322.00 + 26630.40 + 5472.00 + 4493.88 + 56589.60 + 29219.88 \\ &+ 12049.43 = 142777 \text{ грн} \end{aligned}$$

Плановий фонд оплати праці

$$\Phi O П = З_o + З_d \quad (3.4.21)$$

$$\Phi O П = 199728 + 142777 = 342505 \text{ грн}$$

Середній місячний заробіток одного робітника

$$З_{\text{ср}} = \Phi O П / 12 \times С П \quad (3.4.22)$$

$$З_{\text{ср}} = 342505 / (12 \times 5) = 5708,4 \text{ грн}$$

3.5. Розрахунок єдиного соціального внеску.

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати.

З 1 січня 2020 року зріс розмір мінімальної зарплати (4723 грн), а отже змінилася мінімальна та максимальна сума ЄСВ.

Мінімальний страховий внесок з ЄСВ у 2020 році становить $4723 \times 22\% = 1039,06$ грн.

(згідно з сайту <https://services.dtki.ua/catalogues/indexes/13>)

Визначаємо єдиний соціальний внесок з середньої місячної зарплати працівника :

$$5708,4 \times 22\% = 1255,8 \text{ грн.}$$

3.6. Визначення річних витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт.

Планування ремонтів електрообладнання відбувається у відповідності з «технічним обслуговуванням і ремонтом електрообладнання».

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства

Таблиця 13 – Нормативні дані для складання плану - графіку ремонтів

(взято згідно з нормативних документів підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік)

Електрообладнання	Структура ремонтного циклу	Тривалість		
		Між технічним обслуговуванням ,місяців	Між поточними ремонтами,	Між капітальними ремонтами,років
Вимикач	ПР-5ПР - КР	6	2	
Силовий трансформатор	КР-2ПР-КР	24		14
Трансформатор струму	КР-5ПР-КР	12		6
Трансформатор напруги	КР-5ПР-КР	12		6
Кабель	КР-17ТО-КР	4		6

Таблиця 14 – Графік технічного обслуговування на 2019 рік

(взято згідно з нормативних документів підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік)

Найменування обладнання	Місяці року											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вимикач						Т О						Т О
Силовий трансформатор												
Трансформатор струму												Т О
Трансформатор напруги												Т О
Кабель				Т О				Т О				Т О

Витрати на проведення поточних і капітальних ремонтів обладнання приймають у розмірі 30% від амортизаційних відрахувань і складуть (згідно з фінансовим документом підприємства ПАТ Інтерпайп НТЗ. Підстанція НС 2, станом на 2019 рік):

$$V_p = V_o \times 0,30 \quad (3.6.1)$$

$$V_p = 312801 \times 0,30 = 93840 \text{ грн}$$

3.7. Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності, річного фонду робочого часу об'єкта проектування та втрат електроенергії за формулою:

$$C_{\text{э}} = W_p \cdot C_e, \text{ грн.},$$

де W_p – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт·годин;

C_e – тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн./кВт·год.

Тариф на електроенергію станом на , 1,68 грн./кВт·год (згідно з сайту Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП, Регулятор) <https://www.nerc.gov.ua/?id=50025>)

Визначаємо вартість втрат електроенергії за рік

$$C_{\text{э}} = W_p \cdot C_e \quad (3.7.1)$$

$$C_{\text{э}} = 49287 \cdot 1,68 = 82802,16 \text{ грн.}$$

3.8 Визначення інших витрат.

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

Визначення інших витрат вичисляємо за формулою:

$$B_i = \frac{4\%}{100\%} \times 342505 = 13700 \text{ грн} \quad (3.8.1)$$

Висновки

У розділі економіка зроблено розрахунок економічної ефективності впровадження даного проекту. Витрати на реалізацію проекту складають 2102022 тис. грн.

Протягом всього терміну служби проект буде приносити такі ефекти:

1. Економія електроенергії.
2. Подовження терміну служби обладнання.
3. Зниження ймовірності аварійних ситуацій.
4. Підвищення виробничої безпеки.
5. Збільшення до потрібної потужності.

Завдяки проведеній реконструкції обладнання і судячи з розрахунків економічної частини ПС Нс2 6 / 0,4 кВ в умовах ПАТ «Інтерпайп НТЗ» є економічно вигідною підстанцією .

4. ЗАХОДИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ТА ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників на підстанції

При обслуговуванні підстанції можуть мати місце такі небезпечні та шкідливі фактори:

- наявність небезпечної напруги на струмопровідних частинах електрообладнання;
- наявність небезпечної напруги (крокової) в зоні розтікання; електричного струму при замиканні струмоведучих частин на землю;
- можливість наявності небезпечної напруги на корпусах устаткування при його пошкодженні;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- недостатня освітленість робочої зони при роботах в приміщенні в темний час доби, а також в аварійних ситуаціях при відсутності напруги в мережі освітлення;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- небезпека отримання опіків обличчя та очей при короткому замиканні, при заміні запобіжників;
- загазованість повітря робочої зони під час пожежі.

4.2 Засоби захисту

Технічні заходи захисту, що створюють безпечні умови виконання робіт:

Під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи:

- Провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному вмиканню комутаційної апаратури;
- Вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою. За необхідності струмовідні частини слід огороджувати;
- Приєднати до "землі" переносні заземлення;
- Перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити поблизу струмовідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;
- Встановити заземлення (увімкнути заземлювальні ножі, приєднати до вимкнених струмовідних частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах викикальних комутаційних апаратів;
- Огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмовідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмовідні частини огороджують до або після їх заземлення.

Таблиця 15 – основні електрозахисні засоби для роботи в електроустановках

Основні електрозахисні засоби для роботи в електроустановках	
До 1000 В включно	Понад 1000 В
Ізолювальні штанги	Ізолювальні штанги всіх видів
Ізолювальні кліщі	Ізолювальні кліщі
Електровимірювальні кліщі	Електровимірювальні кліщі
Показчики напруги	Показчики напруги
Діелектричні рукавички	Пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках
Інструмент з ізолювальним покриттям	

Таблиця 16 – додаткові електрозахисні засоби для роботи в електроустановках

Додаткові електрозахисні засоби для роботи в електроустановках	
До 1000 В включно	Понад 1000 В
Діелектричне взуття	Діелектричні рукавички
Діелектричні килими	Діелектричне взуття
Ізолювальні підставки	Діелектричні килими
Ізолювальні накладки	Ізолювальні підставки
Ізолювальні ковпаки	Ізолювальні накладки
Сигналізатори напруги	Ізолювальні ковпаки
Захисні огороження	Сигналізатори напруги
Переносні заземлення	Штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу
Плакати і знаки безпеки	Захисні огороження (щити, ширми)
	Переносні заземлення
	Плакати і знаки безпеки

Крім наведених вище засобів захисту в електроустановках повинні застосовуватись такі ЗІЗ:

- Захисні каски — для захисту голови;
- Захисні окуляри і щитки — для захисту очей і обличчя;
- Протигази і респіратори — для захисту органів дихання;
- Рукавиці — для захисту рук;
- Запобіжні пояси та страхувальні канати.

Порядок допуску бригади до роботи:

Допуск до роботи за нарядами та розпорядженнями слід проводити безпосередньо на робочому місці.

Допуски проводиться після перевірки підготовки робочого місця.

У цьому разі допускатч повинен:

- перевірити, чи відповідає склад бригади вказаному у наряді або розпорядженні. Перевірку слід проводити за іменними посвідченнями;
- провести інструктаж: ознайомити бригаду із змістом наряду, розпорядження; вказати межі робочого місця і підходи до нього; показати найближче до робочого місця обладнання та струмовідні частини приєднань, що ремонтуються, та суміжних приєднань, до яких забороняється наближатися незалежно від того, перебувають вони під напругою чи ні;
- довести бригаді, що напруга відсутня показом встановлених заземлень та перевіркою відсутності напруги, якщо заземлення не видно з робочих місць, а в електроустановках 35 кВ і нижче (де дозволяє конструктивне виконання без піднімання) – наступним дотиком рукою до струмовідних частин після перевірки відсутності напруги.

Бригаду у разі допуску, крім допускатча, повинен проінструктувати керівник робіт щодо безпечного проведення робіт, використання інструменту, приладів, механізмів та вантажопідіймальних машин. Без проведення інструктажу допускати бригаду до роботи **забороняється**.

Підготовка робочого місця, проведення інструктажів та допуск оформлюються підписами допускатча та керівника робіт (наглядача) в таблиці наряду із зазначенням дати, часу. Цільовий інструктаж членів бригади проводиться під час первинного допуску і оформлюється в таблиці наряду. Такий самий порядок оформлення цільових інструктажів повинен бути і в разі введення до складу бригади нових працівників.

Допуск до роботи оформлюється в обох примірниках наряду, один з яких залишається у керівника робіт (наглядача), а другий — у допускача.

Встановлення переносних заземлень

Встановлення заземлення на струмові дні частини вимкненої для робіт ділянки електроустановки необхідно безпосередньо після перевірки відсутності напруги.

Переносне заземлення спочатку треба приєднати до заземлювального пристрою, а потім, після перевірки відсутності напруги, встановити на струмові дні частини (Дод. А) .

Знімати переносне заземлення необхідно в зворотній послідовності: спочатку зняти його із струмовідних частин, а потім від'єднати його від заземлювального пристрою.

Встановлення та знімання переносних заземлень в електроустановках понад 1000 В слід здійснювати ізольовальною штангою із застосуванням діелектричних рукавичок, закріплювати затискачі приєднаних переносних заземлень слід цією самою штангою або безпосередньо руками в діелектричних рукавичках.

Забороняється використовувати для заземлення провідники, непризначені для цієї мети.

Після встановлення заземлень, вмикання заземлювальних ножів на приводах комутаційних апаратів, якими може бути подано напругу до місця роботи, слід вивішувати плакати "**Заземлено**" (Дод. Б).

4.3 Пожежна безпека та профілактика

Ризик загоряння на підстанціях не настільки великий, але можливі наслідки пожежі можуть бути катастрофічними. Пожежі на підстанціях можуть виникати на трансформаторах, масляних вимикачах і в кабельному господарстві. Особливості розвитку пожеж трансформаторів залежать від місця його виникнення. Всі електростанції і підстанції забезпечені надійною системою аварійного захисту та сигналізації. При виникненні пожеж пошкоджене обладнання та апарати автоматично відключаються пристроями релейного захисту.

Джерела пожежної небезпеки

Фізичні об'єкти або умови, які можуть стати причиною пожежі, називають пожежонебезпечними. У кожної пожежної небезпеки є такі ознаки:

Таблиця 17— типи і джерела виникнення пожеж на підстанціях

Типи і джерела вогню	Відсотки
Масляні високовольтні вимикачі	14%
Трансформатори струму	14%
Силові трансформатори	9.3%
Роботи, при яких можуть виникнути іскри і нагрів (зварювання, різання і шліфування)	9.3%
Трансформатори напруги	7.8%
Машинно-керовані генератори	7%
Підпали	6.3%
Куріння	6%
Блискавка	4.7%
Зберігання або робота з легкозаймистими рідинами	3.1%
Тероризм	1.6%
Інше	15.8%

Джерела пожежонебезпеки на ВРУ

На ВРП підстанцій зустрічаються такі джерела пожежонебезпеки:

- Масляні трансформатори і вимикачі
- Маслонаповнені кінцеві кабельні муфти
- Охолоджувальні воднем синхронні компенсатори
- Зберігання бензину або інших горючих рідин
- Рослинність
- Горючі елементи будівель і споруд
- Зберігання пестицидів і небезпечних вантажів
- Склади
- Резервний дизель-генератор

Джерела небезпеки у закритих приміщеннях підстанцій наслідки пожежі в закритих приміщеннях підстанцій

Пожежі в закритих приміщеннях підстанцій, розподільчих пристроях і приміщеннях щитів управління мають деякі, з уже зазначених вище, причини.

Займання обладнання з ізоляцією трансформаторним маслом, масло наповнення кабелі, і HVDC (лінії електропередачі високої напруги на постійному струмі) може привести до великих пожеж, що супроводжується великими матеріальними збитками і перебоями електропостачання.

Основні проблеми великих пожеж в приміщеннях підстанцій – небезпека вибуху, значне нагрівання і утворення диму, і які можуть привести до:

- Пошкодження вибухом конструкції будівлі;
- термічного пошкодження конструкції будівлі;
- пошкодження димом іншого обладнання.

Аварія деяких з критичних складових, таких як трансформатори та вимикачі може безпосередньо привести до втрат доходу або активів. Інші компоненти ОРУ могли створити небезпеку виникнення пожежі (наприклад, горючі елементи будівель і споруд, розташовані близько до конструкцій підстанції або лініях електропередачі).

Одним з ключових кроків у розробці нових та оцінці існуючих підстанцій є визначення можливих причин пожеж. Як тільки пожежні небезпеки проектованої або існуючої підстанції ідентифіковані, тоді заходи протипожежного захисту можуть бути включені, щоб усунути або знизити ризик виникнення пожежі.

Є широкий діапазон типів і причин пожеж, які можуть статися в підстанціях. Типи пожеж залежать від устаткування і пристроїв, встановлених на підстанціях. Пожежі з пов'язані з обладнанням використовують трансформаторне масло в якості ізоляції або засоби гасіння дуги, що охолоджуються воднем синхронні компенсатори, маслонаповнені кабелі, як правило, добре задокументовані, і ці типи обладнання визнані пожежонебезпечними. Є багато інших джерел виникнення пожежі на підстанціях, які не так добре задокументовані.

4.4 Інженерно-технічні заходи з охорони праці на підстанції

Послідовність виконання технічних заходів: під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи: провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному вмиканню комутаційної апаратури; вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури. За необхідності струмовідні частини слід огорожувати; приєднати до "землі" переносні заземлення; перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах, на які слід встановити заземлення. Як-

що переносні заземлення планується ставити поблизу струмовідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення; встановити заземлення (увімкнути заземлювальні ножі, приєднати до вимкнених струмовідних частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах вимикальних комутаційних апаратів; огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмовідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмовідні частини огорожують до або після їх заземлення.

В електроустановках понад 1000 В з кожного боку, звідки комутаційним апаратом може бути подано напругу на робоче місце, повинен бути видимий

розрив, створений від'єднанням або зніманням шин і проводів, вимиканням роз'єднувачів, зніманням запобіжників, а також вимиканням відокремлювачів та вимикачів навантаження, за винятком тих, у яких автоматичне вмикання здійснюється пружинами, встановленими на самих апаратах.

Трансформатори напруги та силові трансформатори, пов'язані з виділеною для роботи ділянкою електроустановки, слід вимкнути також і з боку напруги до 1000 В для запобігання можливості зворотної трансформації.

На приводах роз'єднувачів, відокремлювачів та вимикачів навантаження, на ключах та кнопках дистанційного керування, на комутаційній апаратурі до 1000 В (автомати, рубильники, вимикачі), у разі вмикання яких може бути подано напругу на робоче місце, слід вивісити плакати "Не вмикати! Працюють люди". На приєднаннях до 1000 В, що не мають комутаційної апаратури, плакати слід вивішувати біля знятих запобіжників. Біля роз'єднувачів, які керуються оперативною штангою, плакати слід вивішувати на огороженнях.

Біля однополюсних роз'єднувачів з приводом плакати слід вивішувати на приводі кожного роз'єднувача.

Якщо комутаційний апарат на момент підготовки робочого місця був у вимкненому стані, то в цьому разі працівники, які готують робоче місце, або опера-

тивні працівники, які дають дозвіл на підготовку робочого місця, повинні перевірити вимкнене положення апарата і наявність відповідних плакатів на ньому.

На засувках, які перекривають доступ стисненому повітрю до пневматичного приводу комутаційної апаратури, слід вивішувати плакат "Не відкривати! Працюють люди".

На огороженнях камер, шафах та панелях, що межують з робочим місцем, слід вивішувати плакати "Стій! Напруга".

У ВРУ під час проведення робіт із землі і на обладнанні, встановленому на фундаментах та окремих конструкціях, робоче місце слід обгороджувати (із залишенням проходу) канатом, мотузкою або шнуром з рослинних чи синтетичних волокон і вивішувати на них плакати "Стій! Напруга". Плакати слід повернути всередину огороженого простору. Перевіряти відсутність напруги необхідно показчиком напруги, справність якого перед застосуванням слід перевірити або за допомогою призначених для цієї мети спеціальних приладів, або наближенням до струмовідних частин, розташованих поблизу, які явно перебувають під напругою. Придатність показчиків із самоконтролем перевіряється наявністю звукового чи світлового сигналу.

В електроустановках понад 1000 В слід користуватись показчиком напруги, застосовуючи діелектричні рукавички. В електроустановках електростанцій та підстанцій перевіряти відсутність напруги дозволяється одному працівнику зі складу оперативних або оперативно-виробничих працівників з групою IV – в електроустановках понад 1000 В і з групою III – в електроустановках до 1000 В. Встановлення та знімання переносних заземлень в електроустановках понад 1000 В слід здійснювати ізолювальною штангою із застосуванням діелектричних рукавичок, а в електроустановках до 1000 В достатньо застосування діелектричних рукавичок.

Закріплювати затискачі приєднаних переносних заземлень слід цією самою штангою або безпосередньо руками в діелектричних рукавичках.

В електроустановках понад 1000 В слід заземляти струмовідні частини всіх фаз (полісів) вимкненої для робіт ділянки з усіх боків, звідки може бути подано

напругу, за винятком вимкнених для роботи збірних шин, на які достатньо встановити одне заземлення.

В електроустановках, конструкція яких така, що встановлення заземлення небезпечне або неможливе (наприклад, у деяких розподільчих ящиках, КРУ окремих типів, збірках з вертикальним розташуванням фаз), під час підготовки робочого місця допускається не встановлювати заземлення, а надягати діелектричні ковпаки на ножі роз'єднувачів або встановлювати тверді ізолювальні накладки між контактами комутаційних апаратів.

В електроустановках до 1000 В у разі виконання роботи на збірних шинах РУ, щитів, збірок напругу з шин слід зняти і шини (за винятком шин, виконаних ізолюваним проводом) слід заземлити. Необхідність і можливість заземлення приєднань цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд та віддає розпорядження.

4.5 Заходи по охороні праці на ПС

1. Кожен, хто працює на виробничій ділянці, в лабораторії, на складі, в адміністративному приміщенні незалежно від займаної посади зобов'язаний чітко знати і суворо виконувати встановлені правила пожежної безпеки, не допускаючи дій, які можуть призвести до пожежі або вибуху.

2. На території пожежонебезпечних об'єктів (якщо це не пов'язано з технологічним процесом виробництва), а також в місцях зберігання і переробки горючих матеріалів застосування відкритого вогню (багаття, факели) забороняється.

3. Всі двері евакуаційних виходів повинні вільно відкриватися в напрямку виходу з будівлі.

4. На випадок виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей, які перебувають у виробничих і адміністративних будівлях.

У всіх інших випадках для перенесення слід при-міняти безпечну, закриту металеву тару.

Для комор нормативно встановлені максимально допустимі кількості одночасного зберігання фарб, лаків і розчинників. На робочих місцях можна зберігати тільки таку кількість матеріалів (у готовому до застосування вигляді), яке не перевищує змінну потребу. При цьому ємності повинні бути щільно закриті. Щоб уникнути вибуху забороняється палити поблизу ацетиленового балона, чистити робочий одяг бензином і легкозаймистими рідинами.

5. Використані обтиральні матеріали в міру накопичення необхідно прибирати в металеві ящики з щільно закривається кришкою і після закінчення зміни видаляти з виробничих приміщень.

6. В виробничих і адміністративних будівлях підприємства забороняється:

- встановлювати на шляху евакуації виробниче устаткування, меблі, шафи, сейфи та інші предмети;
- прибирати приміщення із застосуванням бензину, гасу та інших легкозаймистих і горючих рідин;
- залишати після закінчення роботи ввімкнені електроприлади;
- оббивати стіни приміщень машинописних бюро, службових кабінетів, обчислювальних центрів горючими матеріалами, які не просоченими вогнезахисним складом;
- відігрівати замерзлі труби, різними системами паяльних ламп та іншими способами із застосуванням відкритого вогню;
- куріння допускається в спеціально відведених (погоджених з пожежною охороною заводу) місцях. У підрозділах ці місця обладнуються урнами для недопалків і ємностями з водою. Повинні бути вивішені написи «Місце для куріння»;

- забороняється зберігати в приміщеннях підрозділів ємності з горючими рідинами, а також тару з-під бензину, гасу, лаку і т. п. Категорично забороняється в місцях зберігання горючих рідин застосовувати відкритий вогонь;

- різні масла і інші горючі рідини повинні негайно забиратися з допомогою піску або тирси і віддалятися в безпечне місце;

- користуватися електронагрівальними приладами (електроплитками, чайниками і т. П.) В побутових, виробничих, службових та складських приміщеннях, за винятком тих ділянок виробництва і установ, де користування цими приладами викликано виробничою необхідністю (за узгодженням з пожежною охороною).

7. Без узгодження з пожежною охороною заводу, забороняється виробництво вогневих робіт.

4.6 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища на підприємстві характеризується комплексом вжитих заходів, які спрямовані на попередження негативного впливу людської діяльності підприємства на навколишню природу, що забезпечує сприятливі та безпечні умови людської життєдіяльності. Враховуючи стрімкий розвиток науково-технічного прогресу, перед людством постала складна задача – охорона найважливіших складових навколишнього середовища (земля, вода, повітря), схильних сильному забрудненню техногенними відходами і викидами, що призводить до окислення ґрунту і води, руйнування озонового шару землі та кліматичним змінам. Промислова політика всього світу привела до таких незворотних і суттєвих змін в навколишньому середовищі, що це питання (охорона навколишнього середовища на підприємстві) став загальносвітовою проблемою і

примусив державні апарати розробити довгострокову екологічну політику зі створення внутрішньодержавного контролю за ПДВ.

Основними умовами для поліпшення екології в країні є: раціональне використання, охорона і трата запасів природного резерву, забезпечення безпеки екології та протирадіаційні заходи, підвищення і формування екологічного мислення у населення, а також контроль над екологією в промисловості. Охорона навколишнього середовища на підприємстві визначила ряд заходів для зниження рівня забруднень, що виробляється підприємствами

Виявлення, оцінка, постійний контроль та обмеження викиду шкідливих елементів в атмосферу, а також створення технологій і техніки, які охороняють і зберігають природу і її ресурси.

Розробка правових законів, спрямованих на охоронні заходи навколишнього середовища та матеріальне стимулювання виконаних вимог і профілактики комплексу природоохоронних заходів.

Профілактика екологічної обстановки шляхом виділення спеціально відведених територій (зон).

Крім екологічної безпеки об'єкта (охорона навколишнього середовища на підприємстві) не менш важлива і безпека життєдіяльності (БЖД) на підприємстві. У це поняття входить комплекс організаційних підприємств і технічних засобів для запобігання негативного впливу виробничих факторів на людину. Для початку всі працівники підприємства прослуховують курс по техніці безпеки, що інструктує безпосередній начальник або працівник з охорони праці. Крім простої техніки безпеки робітники повинні також дотримуватися ряду правил по технічним вимогам і нормативам підприємства, а також підтримувати санітарно-гігієнічні норми і мікроклімат на робочому місці.

Всі норми і правила екологічної та робочої безпеки повинні бути визначені і зафіксовані в певному документі. Екологічний паспорт підприємства — це комплексна статистика даних, що відображають ступінь користування даним підприємством природних ресурсів і його рівню забруднення прилеглих територій. Екологічний паспорт підприємства розробляється за рахунок компанії

після погодження з відповідним уповноваженим органом і піддається постійному коригуванню у зв'язку з перепрофілюванням, змінами в технології, обладнанні, матеріалів і т.д. Для правильного складання паспорта підприємства та уникнення шахрайства контролювання вмісту шкідливих речовин у навколишньому підприємство природі веде служба екологічного контролю. Працівники служби беруть участь у заповненні і оформленні всіх граф екологічного паспорта, враховуючи сумарний вплив шкідливих викидів у навколишнє середовище. При цьому враховуються допустимі концентраційні рівні шкідливих речовин на прилеглих підприємства територіях, повітрі, поверхневих шарах ґрунту і водою.

4.7 Розрахунок захисного заземлення

Розраховуємо заземлювачі з зовнішньої сторони приміщення з вертикальними електродами по периметру. Вертикальні приймаємо сталевими, стержні діаметром 15 мм і довжиною 2 м, які встановлюють в ґрунт методом вкручування. Верхні кінці електродів розташовують на глибині 0,7м від поверхні землі. До них приварюють горизонтальні електроди стержневого типу із тієї ж сталі, що і вертикальні електроди.

1) Для сторони 6 кВ опір заземлюючого пристрою визначаємо по формулі:

$$R_3 \leq V_p / I_p \quad (4.7.1)$$

де $V_p = 125\text{В}$, так як заземлюючи пристрої використовують одночасно для електроустановок до 1кВ і вище.

За розрахунковий опір землі приймаємо $R_3 = 4 \text{ Ом}$.

Опір штучного заземлювача при відсутності природних заземлювачів приймаємо рівним допустимому опору заземлюючого пристрою

$$R_4 = R_3 = 4 \text{ Ом}$$

Визначаємо розрахункові питомі опори ґрунту для горизонтальних заземлювачів.

$$R_{p.г.} = R_{уд} \times K_{п.г.} \quad (4.7.2)$$

$$R_{p.г.} = 100 \times 2 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

$$R_{p.в.} = R_{уд} \times K_{п.в.} \quad (4.7.3)$$

$$R_{p.в.} = 100 \times 1,4 = 140 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

де $R_{уд}$ - питомий опір ґрунту 100 Ом·м.

$K_{п.в.}$ і $K_{п.г.}$ - підвищуючий коефіцієнт для вертикальних і горизонтальних електродів.

Опір розтікання одного вертикального електрода стержневого типу визначаємо по формулі

$$R_{o.в.в.} = \frac{R_{p.в.}}{2\Pi\Pi} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right) \quad (4.7.4)$$

$$R_{o.в.в.} = \frac{140}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \left(\ln \frac{2,2}{16 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) = 64,9204$$

Визначаємо число вертикальних заземлювачів при $K_{и.в.} = 0,64$ (коефіцієнт використання). Приблизне число вертикальних електродів складає 15 шт.

$$N = \frac{R_{o.в.в.}}{K_{и.в.} \cdot R_4} \quad (4.7.5)$$

$$N = \frac{64,92}{0,64 \cdot 4} = 25,4 \approx 26 \text{ шт}$$

Визначаємо розрахунковий опір розтікання горизонтальних електродів

$$R_{p.г.е.} = \frac{R_{p.г.}}{K_{и.г.} \cdot 2\Pi\Pi} \ln \frac{l^2}{\lambda \cdot t} \quad (4.7.6)$$

$$R_{p.e.} = \frac{200}{0,31 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 60} \ln \frac{60^2}{0,016 \cdot 0,708} = 21,66$$

Уточняємо необхідний опір вертикальних електродів

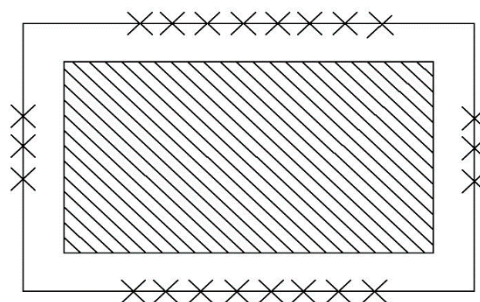
$$R_{в.с} = \frac{R_{p.e.} \cdot R_4}{R_{p.e.} - R_4} \quad (4.7.7)$$

$$R_{в.с} = \frac{21,66 \cdot 4}{21,66 - 4} = 4,9$$

Визначаємо число вертикальних електродів при коефіцієнті використання

$$K_{п.в.и.} = 0,61$$

де $p=6$ Ом.
ташування електро-



при $N=20$ і $a/e=p/20$

Периметр контуру роз-
дів

(129)

$$N = \frac{64,92}{0,61 \cdot 4,9} = 21,7 \text{ шт}$$

Приймаємо до установки в контурі 22 вертикальних заземлювача.

ВИСНОВОК

У цій випускній кваліфікаційній роботі були розглянуті питання реконструкції РУ 6 кВ та ПС НС2 6/0,4 кВ в умовах ПАТ «Інтерпайп НТЗ».

Моя мета виконати реконструкцію РУ 6 кВ та ПС «НС2» 6 / 0,4 кВ в умовах ПАТ «Інтерпайп НТЗ». Актуальність моєї роботи пов'язана з необхідністю переходу на сучасне обладнання. Роботи по реконструкції дозволять підвищити надійність електропостачання, так як експлуатація несправного, старого і застарілого обладнання підвищує з кожним днем імовірність виникнення аварійних ситуацій на підстанції, і як наслідок — порушення постачання електроенергії до споживачів.

На підстанції робимо вибір нового електрообладнання для надійної роботи системи і для економії електроенергії. Всі електричні встановлені апарати перевірені за умовами термічної і електродинамічної стійкості. При цьому електричні апарати в системі електропостачання надійно працюють як в нормальному тривалому режимі, так і в умовах аварійного короткочасного режиму, простоти і компактні в конструкції, зручні і безпечні в експлуатації.

У кваліфікаційній роботі була виконана реконструкція підстанції НС -2 зворотнього водопостачання напругою 6 кВ закритого типу. В чарунках КРУ були встановлені вимикачі типу ВВЭ-10-20, вимірювальні трансформатори струму типу ТПЛ – 10 та напруги типу НТМИ-10-66УЗ. На кожную секцію шин було встановлено по одному трансформатору типу ТМ 1000/6. В результаті розрахунків були обрані шини перетином АДЗ1Т-40х5 , кабель типу ААШв 2(3х240) у кількості 2 шт.

Усі розрахунки та вибране обладнання відповідають вимогам діючих на підприємствах нормативним документам.

Для підвищення надійності і безперебійності роботи систем електропостачання приймаємо протиаварійне автоматику (АПВ та АВР).

У розділі «заходи з техніки безпеки та протипожежні заходи» розглянуті питання охорони праці працівників, розроблені заходи від впливу небезпечних і

шкідливих факторів. Зроблено розрахунок опору контурного заземлювача на ПС НС2.

Відзначимо що реконструкція ПС НС2 дозволила вирішити такі проблеми як:

- необхідна потужність для споживачів ПС;
- надійність і безперебійність роботи уставок і системи в цілому;
- перспектива впровадження нових технологічних комплексів і засобів автоматизації.

Таким чином, РУ 6 кВ та ПС НС2 6/0,4 кВ в умовах ПАТ «Інтерпайп НТЗ» відповідає всім вимогам, що пред'являються технічним завдання на реконструкцію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волобринский С.Д., Каялов Г.М., Клейн П.Н., Мешель Б.С. Электрические нагрузки промышленных предприятий. – Л.: Энергия, 1971. – 264 с.
2. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
3. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1973. – 584 с.
4. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. – 456 с.
5. Ермилов А.А. Основы электроснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
6. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
7. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет / А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович, В.И. Мозырский, Д.И. Розинский. – К.: Техніка, 1985. – 279 с.
8. Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 176 с.
9. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общ. ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 1160 с.
10. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет / А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович, В.И. Мозырский, Д.И. Розинский. – К.: Техніка, 1985. – 279 с.
11. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1979. – 408 с.
12. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електропостачання: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2005. – 324 с.
13. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656 с.
14. Електричні мережі систем електропостачання: Навч. посібник / Г.Г. Півняк, Г.А. Кігель, Н.С. Волотковська, Л.П. Ворохов, О.Б. Іванов: За ред. Академіка НАН України Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 316 с.
15. Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных установок: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 424 с.
16. Рожкова, Л.Д. Электрообладания станцій та підстанцій [Текст] / Л.Д. Рожкова, Л.Д., Козулин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
17. Неклепаев, Б.Н. Электрична частина електростанцій і Підстанцій: Посібник для вузів. – 4-е вид. [Текст] / Перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

18. Мандрыкин, С.А. Експлуатація і ремонт електрообладнання станцій і мереж: Посібник для вузів.-2-е вид: [Текст] / Перераб. и доп.- М.: Энергоатом-вид., 1983.-344 с.

19. Чернобров, Н.В. Релейий захист: Посібник для вузів.-4-е вид: [Текст] / - Перераб. и доп.- М.: Енергія., 1971.- 624 с

20. Прузнер, С.Л. Економіка, організація и планування енергетичного підприємства : посібник [Текст] / Перераб. и доп.- М .: Энергоатомвид., 1984.- 532 с

21. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів: [Текст] - К.: ДПНГУКЦ АсЕлЕнерго, 2007- 299с.

22. Жидилева, В.В., Економіка підприємства : навч. посібник [Текст] / В.В Жидилева, Ю.Н. Каптейн.-М.: ИНФРА – М, 2010. – 133с.

Додатки

Додаток А



Додаток Б



